

УДК 519.71

**К.В. Мельник, аспирант;**

**А.Е. Голоскоков, канд. техн. наук,**

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*

*г.Харьков, Украина*

[melnikv@kpi.kharkov.ua](mailto:melnikv@kpi.kharkov.ua)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕЧЕНИЕМ ПАЦИЕНТА, ОСНОВАННОЙ НА НЕЧЕТКОЙ СИТУАЦИОННОЙ СЕТИ**

В настоящее время в области здравоохранения существует актуальная проблема лечения и диагностирования заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС) человека, так как патологии сердца приводят к преждевременной инвалидности и смертности населения. По данным статистики Украины процент кардиологических заболеваний, приводящих к смертности, занимает первое место среди других смертных болезней и неуклонно растет. Не всегда кардиолог может быстро проанализировать все факторы, какой-либо синдром может уйти из поля зрения врача, последствием чего может являться неправильное лечение, ведущее к необратимым результатам. Отсюда вытекает важность своевременного выявления синдромов врожденной или приобретенной патологии и последующего лечения ССС человека.

В связи с этим является актуальной задача разработки компьютерной советующей системы, в роли которой выступает система поддержки принятия решений (СППР). Эта система может использоваться врачами-кардиологами при постановке диагноза состояния ССС, и в соответствии с полученным диагнозом для последующей разработки стратегии лечения. Таким образом, СППР должна решать следующий комплекс задач:

- постановка диагноза по результатам анализа электрокардиограммы (ЭКГ) и нескольких видов анализов крови,
- разработка стратегии лечения, состоящая в определении необходимых лекарственных средств и их дозировках,
- мониторинг состояния пациента,
- проверка результатов анализов через определенные промежутки времени.

Разрабатываемая СППР должна обладать такими свойствами как: модульность – подразумевает под собой возможность корректировки отдельных моделей на любом этапе проектирования и реализации, что позволяет увеличить гибкость разрабатываемой системы, непротиворечивость и своевремен-

ность выдачи управляющих решений, адаптивность к поступлению новых данных и знаний.

Основным модулем, определяющим качество функционирования разрабатываемой СППР, является модуль разработки стратегии лечения. Основу модуля составляет механизм вывода стратегии лечения, входными данными для которого являются характеристики общего самочувствия пациента, результаты анализа ЭКГ, клинического и биохимического анализов крови. Результатом работы модуля является разработка стратегии лечения ССС человека. Получение стратегии лечения осуществляется с использованием математического аппарата принятия решений в условиях нечеткости «ситуация – стратегия управления – действие». В основе процедуры вывода используется понятие нечеткой ситуационной сети (НСС), представляющей собой взвешенный нечеткий ориентированный граф, вершинами которого являются эталонные ситуации, а дуги задают направления переходов по ним. В качестве эталонных ситуаций в данной работе рассматриваются определенные состояния ССС человека с известными методами лечения. Все состояния описываются вектором признаков, где, например,  $i$ -ый признак является уровнем тропонина Т в крови, определяющийся по биохимическому анализу крови, а  $(i+1)$ -ый признак - наличие патологического зубца Q, свидетельствующего о нарушении нормальной работы сердца, а именно о поражении миокарда.

Дуги НСС взвешены методами лечениями с заранее заданными степенями предпочтения, переводящими пациента из одного состояния в другое. Целевым эталонным состоянием любой траектории лечения является состояние выздоровления. Процесс принятия решений по НСС представляет собой совокупность следующих шагов:

1. Определение текущего состояния пациента, а также наиболее близкой ему эталонной ситуации.
2. Определение по НСС управляющего воздействия с наибольшей степенью предпочтения.
3. В зависимости от реакции организма пациента на проведенное лечение, происходит изменение состояния ССС, то есть «переход» пациента из текущего состояния в новое. Изменение должно соответствовать найденному управляющему воздействию, в противном случае необходимо производить коррекцию стратегии лечения.
4. Целевое состояние любой траектории лечения – состояние стабилизации работы сердца, то есть состояние выздоровления.

Значения предпочтений управляющих решений предполагается определять на основе текущего состояния пациента.

Для построения НСС могут использоваться 2 метода – прямой и обратный [1]. В данной работе для формирования нечеткой сети предполагается использовать обратный подход. Для этого формируются множества управляющих решений трех типов: уменьшить -  $D$ , увеличить -  $I$ , не изменять -  $Z$ :  $\{R_k^i\}_{i=1}^n$   $k = I, D, Z$  и множество эталонных ситуаций  $\{S_j\}_{j=1}^m$  путем опроса экспертов. Дуги необходимо нагрузить решениями  $R_k^i$  и степенями предпочтения  $\alpha(S_j, R_k^i)$  для этого решения перед другими управляющими решениями. С помощью применения определенного математического аппарата определяется ситуация  $S_l$ , в которую необходимо перевести объект управления из предыдущей ситуации  $S_j$ .

Для того, чтобы сформировать множество управляющих воздействий на состояние ССС пациента, необходимо оценить состояние человека, которое характеризуется рядом признаков. Каждый признак может иметь большое количество значений, что, в свою очередь, приводит к очень большому количеству классов-ситуаций. Во избежание этого необходимо вводить нечеткость. Поэтому для выявления инфаркта миокарда формируется словарь диагностических признаков состояния человека в виде лингвистических переменных (ЛП):

<Боль в левой руке;  $T_1$ ;  $[0,1]$ >

<Уровень тропонина в крови;  $T_2$ ;  $[0,100]$ >

<Давление;  $T_3$ ;  $[0,250]$ >

<Частота сердечных сокращений;  $T_4$ ;  $[0,200]$ >

и т.д.

Множество значений каждой лингвистической переменной – это термножества, представляющие собой наименования нечетких переменных [2], областью определения каждой из которых является множество определения соответствующей лингвистической переменной.

Терм множество первой ЛП «боль в левой руке» -  $T_1 = \{\text{малая, средняя, большая}\}$ , где нечеткие переменные представляются таким образом:

<Малая;  $[0,1]$ ;  $A_1$ >

<Средняя;  $[0,1]$ ;  $A_2$ >

<Большая;  $[0,1]$ ;  $A_3$ >

где  $A_j$  – нечеткие множества, определенные в той же области определения, что и ЛП.

Терм-множества других ЛП и их остальные параметры определяются аналогично:

$T_2 = \{\text{нулевой, малый, средний, большой}\}$ ;

$T_3 = \{\text{малое, нормальное, большее}\};$

$T_4 = \{\text{малая, нормальная, большая}\}$  и т.д.

Общее количество ситуаций для представленного подмножества признаков велико, из них экспертом выделяется некоторый алфавит классов-ситуаций, которые в полной мере отражают заболевание ССС пациента.

Ситуация	Признаки состояния человека			
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$S_1$	М	М	М	М
$S_2$	С	М	Н	Н
$S_3$	М	С	Н	Н
$S_4$	М	М	Н	М
$S_5$	М	М	М	Н
$S_6$	М	М	Н	Н

С помощью приведенной таблицы формируется нечеткая сеть, фрагмент которой представлен на рисунке 1.

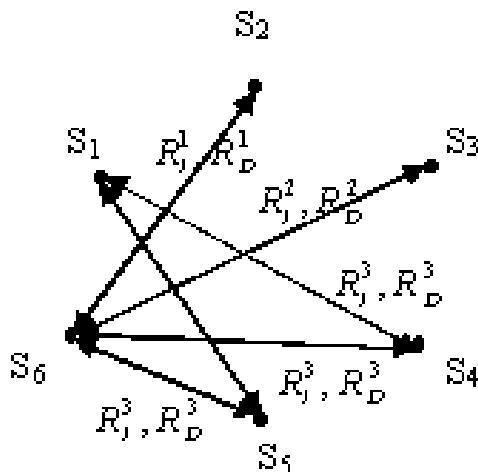


Рисунок 1 – Фрагмент структуры НСС

Управляющие решения определяются с помощью декартового произведения значений признака в текущей ситуации и будущей, по которому происходит изменение. Таким образом, вычисляются все решения по каждой паре дуг.

Далее эксперты на каждой дуге расставляют степени предпочтения применения каждого управляющего решения, то есть применения определенного лекарственного препарата.

Сформированная сеть имеет ряд достоинств перед другими подходами решения подобных задач: вывод решения основывается не на прямой информации, идущей от эксперта, а на обоснованной информации, что снижает количество ошибок; хорошая устойчивость перед внешними воздействиями; легкая переналадка сети.

Таким образом, можно заключить, что использование такого математического аппарата как НСС, приводит к повышению эффективности лечения врачом-кардиологом при определении оптимального пути лечения сердечно-сосудистой системы пациента.

### ***Библиографический список***

1. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой./ Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
2. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика./ Круглов В.В., Борисов В.В. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.